

*СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ
И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ*

ФИЛЬТРАЦИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СМЕСЕЙ В ПЛАСТАХ-КОЛЛЕКТОРАХ

Д.В. Сурженко, В.Д. Тянь

Научный руководитель профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Цель – критический обзор исследований по проблемам моделирования фильтрации смеси в пластах-коллекторах.

Проблема низкого коэффициента нефтеотдачи месторождений в настоящее время стоит наиболее остро в условиях высокой выработанности месторождений. Основная часть месторождений Российской Федерации введена в эксплуатацию в 60-70 годах прошлого века. Сейчас они находятся на 3-4 стадиях разработки. При этом существующие методы не позволяют извлечь из месторождения все ценное топливо. Существенная часть углеводородов остается в толще земли. Поэтому изучение особенностей фильтрации углеводородов и его моделирование процессов для эффективного проведения мероприятий по увеличению нефтеотдачи и продуктивности залежей углеводородов.

Изучение движения жидкости и газов в пустотах пористых сред обычными методами гидродинамики невозможно. Это обусловлено сложным и непостоянным характером структуры порового пространства. Элементарная оценка показывает, что, если бы попытки построить решение данной задачи путем решения уравнений движения вязкой среды для области всех пор не увенчались бы успехом, так как даже для небольшого месторождения было бы невозможно записать граничные условия. Поэтому всякое движение газов, жидкостей и смесей в пористых средах является предметом изучения подземной гидродинамики (теории фильтрации).

Основным законом подземной гидромеханики, на котором базируются методы проектирования и контроля разработки нефтяных и газовых месторождений, является закон Дарси. Согласно закону Дарси, движение жидкости и газа на конкретном участке пористой среды происходит под действием градиента давления. Но одного лишь закона Дарси недостаточно для моделирования столь сложного процесса фильтрации углеводородных смесей. В процессе извлечения нефти из пласта себя проявляют такие процессы, как эффект Джоуля-Томсона или возможность возникновения автоколебаний при разработке газоконденсатных месторождений.

Следствие эффект Джоуля-Томсона в газированной нефти – явление снижения температуры многокомпонентной смеси при выделении из нее газа. При таком процессе расстояние между молекулами газа увеличивается. На это затрачивается внутренняя энергия смеси, в результате чего и происходит снижение температуры. Возникать данное явление может при падении давления в скважине, например, вследствие появления дополнительных трещин в призабойной зоне пласта.

Данный процесс был описан в работе [1]. Также автор описал и явление повышения температуры нефти в результате снижения проницаемости призабойной зоны пласта. Такое возможно при образовании асфальто-смолистых отложений. Результаты работы [1] должны быть учтены при проведении диагностики состояния пластов и скважин методами термохимических исследований.

Опыт газодобывающей промышленности показывает, что одной из основных является проблема повышения степени извлечения газа и конденсата из продуктивных пластов [2]. Данная проблема обусловлена конденсацией ретроградного газового конденсата, и как следствие снижению продуктивности скважины. При выборе методов воздействия на пласт и проведении таких операций для повышения продуктивности, необходимо учитывать эффект возникновения автоколебаний в газовом конденсате, описанный в работе [2]. Механизм данных колебаний объясняется постоянными фазовыми изменениями газовыми конденсата: происходит периодическая конденсация и периодическое испарение. Вследствие этого постоянно изменяются соотношения в смеси жидкой и газообразной фаз. Результаты данной работы непременно должны учитываться при выборе методов воздействия на газоконденсатную залежь.

Международный опыт исследований в данной сфере предлагает нам новый метод моделирования сжимаемого потока в пористых средах, применимый к разработке углеводородных коллекторов. [3] Данный метод основан на трёхфазной трёхмерной модели нефти. Данная модель представляет собой три составляющих углеводородной смеси: вода, нефть и газ. В более поздних работах рассматривается иной подход, включающий в модель нефти еще одну составляющую: нефть, испарившуюся в газовую фазу. Но в исследовании [3] этим пренебрегают и рассматривают модель только для высоковязкой нефти. Также предполагается, что вода не может смешиваться с нефтью или газом. В свою очередь газ может растворяться и выделяться из нее. Использование данной модели привело к значительному снижению времени, затрачиваемого на моделирование одного и того же пласта (примерно в 5 раз). А также новый метод показал отличную точность, что позволило сделать вывод о том, что новый метод может быть применен не только для тяжелой и высоковязкой нефти, но и для других ее типов. Использование данного метода позволяет лучше понимать, что будет происходить в пласте при проведении операций по увеличению нефтеотдачи, таких как заводнение или гидравлический разрыв пласта.

На этом международные исследования не заканчиваются. Например, в [4] рассматривается возможность моделирования течений в пористых средах, основываясь на трехмерной MRT модели и решении решеточных уравнений Больцмана. Данный метод моделирования позволяет наглядно отразить процессы течения многофазных потоков в пористых средах. Также в статье [4] описана зависимость между характеристиками сплошной среды (пористость, смачиваемость и др.) и проницаемостью многофазных течений через заданную пористую среду. По результатам исследования сделаны выводы, что пористая среда с большими порами и имеет небольшие площади поверхности сплошной сферы и, следовательно, обеспечивает относительно большее

количество порового пространства, доступного для потока обеих фаз. И наоборот, пористая среда с небольшими пора́ми и имеет большие площади поверхности твердой сферы на единицу объема и оставляет меньше места для потока обеих фаз. Для случая $S_w = 0,78$ несмачивающая фаза образует несколько прерывистых капель, и некоторые капли захватываются в порах из-за пор в шахматном порядке. В случае $S_w = 0,45$ несмачивающая фаза в больших порах может легко объединяться и занимать большее количество соединяемых путей, поэтому несмачиваемая фаза может легко и непрерывно перемещаться в порах. Между тем, также наблюдается, что различные насыщения смачивания могут влиять на двухфазные схемы распределения [4].

По итогам работы можно сделать вывод о том, что проблема низкой продуктивности и низкого коэффициента нефтеотдачи рассматривается и решается. О чем свидетельствуют достижения, описанные в данной статье. Рассмотренные достижения могут помочь в лучшем понимании процессов, происходящих в пластах-коллекторах и выбрать и разработать новые, более продуктивные, методы воздействия на пласт.

Литература

1. Шарафутдинов Р.Ф., Бочков А.С., Шарипов А.М., Садретдинов А.А. Фильтрация газированной нефти при наличии фазовых переходов в пористой среде с неоднородной проницаемостью // Прикладная механика и техническая физика, 2017, том 58, выпуск 2, 98-102.
2. Зайченко В.М., Майков И.Л., Торчинский В.М. Особенности фильтрации углеводородных смесей в пористых средах // Теплофизика высоких температур, 2013, том 51, выпуск 6, 855–863.
3. Mohammad Amin Amoo, Joachim Moortgat. Higher-order black-oil and compositional modeling of multiphase compressible flow in porous media // International Journal of Multiphase Flow. Volume 105, August 2018, Pages 45-59
4. Shi Y., Tang G. H. Relative permeability of two-phase flow in three-dimensional porous media using the lattice Boltzmann method // International Journal of Heat and Fluid Flow. Volume 73, October 2018, Pages 101-113.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРА

Е.С. Терентьев

Научный руководитель - профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Целью данной работы является изучение установки комплексной подготовки нефти (УКПН), принцип действия электродегидратора и рассмотрение вопроса о повышении качества первичной переработки нефти на базе применения дополнительной 3-хступенчатой рабочей зоны. Для этого решаются следующие задачи: подбор и обработка технической литературы по теме и подготовка материала.

Эксплуатируемые установки подготовки нефти, газа и воды отличаются большим разнообразием по составу блоков, конструкции оборудования и характеру технологического процесса [1].

Подготовка нефти в зависимости от физико-химических свойств продукции скважины и требуемого качества товарной продукции проводится на следующих установках: ТХУ (термохимическая установка); ЭЛОУ (электрообессоливающая установка); УКПН (установка комплексной подготовки нефти).

Сырая нефть поступает на установки сепарационные, в которых от нефти происходит отделение свободного газа. После того, как газ отсепарировался, нефть поступает на установку обезвоживания, в которой осуществляет отделение пластовой воды от неё. С высокой минерализацией пластовых вод обезвоженная нефть поступает на установки обессоливания, а после чего – на установки стабилизации нефти. [1].

В настоящее время на российских заводах нефтепереработки используются горизонтальные электродегидраторы [2].

В нашей стране применяли следующие типов электродегидраторов:

- вертикальные
- шаровые
- горизонтальные

В горизонтальном электродегидраторе (рис.1) электроды расположены посередине установки. Они находятся в подвешенном положении горизонтально, друг над другом. Расстояние между электродами составляет от 25 до 40 см. Большой путь движения нефти является хорошим достоинством такой конструкции перед другими аппаратами.

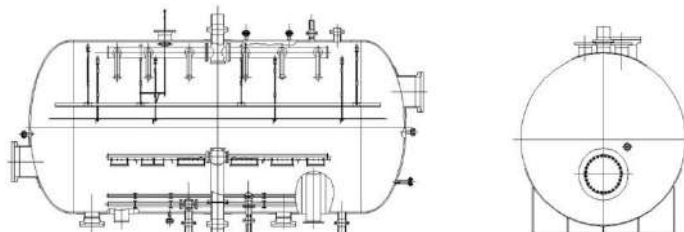


Рис.1 Горизонтальный электродегидратор

Принцип работы электродегидратора довольно прост. Если вода попадает в электрополе нефтяной эмульсии, ее частицы, которые имеют отрицательный заряд, перемещаются в капле. После пробоя оболочки